

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Лінія виробництва пектину з розробкою
сушарки розпилювальної»

Київ – 2020 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Факультет біотехнології і біотехніки

Кафедра біотехніки та інженерії

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 133 «Галузеве машинобудування»

Освітньо-професійна програма «Обладнання фармацевтичних та біотехнологічних виробництв»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Вікторія, МЕЛЬНИК

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Решетняк Анастасії Володимирівни

1. Тема проєкту «Лінія виробництва пектину з розробкою сушарки розпилювальної», керівник проєкту Остапенко Жанна Ігорівна – аспірант, асистент кафедри, затверджені наказом по університету від «__» _____ 20__ р. № _____

2. Термін подання студентом проєкту _____

3. Вихідні дані до проєкту

матеріал, що висушується - вологий пектин, теплоносій - гаряче повітря, продуктивність сушарки по вологому матеріалу 150 кг/год, продуктивність сушарки по висушеному матеріалу 65 кг/год, початкова вологість матеріалу 90%, кінцева вологість матеріалу 12%, температура теплоносія на вході в сушильну камеру 120°C, температура теплоносія на виході із сушильної камери 65°C, температура матеріалу на вході в сушильну камеру 30°C, температура матеріалу на виході із сушильної камери 45°C.

4. Зміст пояснювальної записки

призначення та область застосування установки, опис технологічного процесу виготовлення пектину, обґрунтування вибору розпилювальної сушарки, технічна характеристика апарату, розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції, рекомендації по монтажу та умови безпечної експлуатації, рівень стандартизації та уніфікації, охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо)

Апаратурно-технологічна схема лінії виробництва пектину (A1).

Розпилювальна сушарка. Складальне креслення (A1).

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Опис технологічного процесу виготовлення пектину	Литвинов Г. С., професор		

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Призначення та область застосування установки. Опис технологічного процесу виготовлення пектину	16.02.20 - 01.03.20	
2	Апаратурно-технологічна схема лінії виробництва пектину	2.03.20 - 10.03	

3	Обґрунтування вибору обраної конструкції	11.03.20 - 20.03.20	
4	Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції	21.03.20 – 14.04.20	
5	Складальне креслення сушарки розпилювальної	15.04.20 - 23.04.20	
6	Рекомендації з монтажу та експлуатації, охорони праці, визначення рівня стандартизації та уніфікації	23.04.20 – 27.04.20	
7	Креслення складальних одиниць	28.04.20 – 25.05.20	
8	Оформлення пояснювальної записки	26.05.20 – 06.06.20	

Студент

Анастасія, Решетняк

Керівник

Жанна, Остапенко

Реферат

Дипломний проект на здобуття ступеня бакалавра на тему: «Лінія виробництва пектину з розробкою сушарки розпилювальної» / НТУУ «КПІ імені І.Сікорського»; Керівник Остапенко Ж.І. – К.,2020. – 59с.: іл. – 10. Виконавець Решетняк А.В. – Бібліогр.: 41п.

Робота складається з переліку умовних позначень, вступу, восьми розділів, висновку, списку літератури та додатків. Повний обсяг роботи становить 59 сторінок, 10 рисунків, 3 таблиці, 4 креслення, 1 додатку і переліку посилань з 41 найменувань (на 5 сторінках).

Мета проекту – детальний розгляд лінії виробництва пектину з поглибленим вивченням та проектуванням більш перспективної сушки розпилювальної. Проведення розрахунків, що підтверджують працездатність та надійність поданої конструкції.

Результати роботи: розраховано та спроектовано сушарку розпилювальну для термолабільної речовини – пектину.

За результатами роботи опубліковано одну тезу на конференції.

СУШКА РОЗПИЛЮВАЛЬНА, СУШІННЯ, ПЕКТИН, ТЕРМОЛАБІЛЬНІ РЕЧОВИНИ

Diploma project on the success of the studio bachelor on the topic: "Pectin development line from the produced spray dryers" / NTUU "KPI named after I. Sikorsky"; Head Ostapenko Zh.I. - K., 2020. - 59p .: ill. - 10. Executant Reshetnyak A.V. - Bibliogr .: 41p.

The work consists of a list of symbols, introduction, eight sections, conclusion, bibliography and appendices. The full volume of the work is 59 pages, 10 figures, 3 tables, 4 drawings, 1 appendix and a list of links from 41 items (5 pages).

The purpose of the project is a detailed consideration of the pectin production line with in-depth study and design of a more promising spray drying. Carrying out calculations, that confirming the efficiency and reliability of the submitted structure.

The results of work: the spray dryer for thermolabile substance – pectin, one thesis was published at the conference based n the results of the work.

SPRAY DRYING, DRYING, PECTIN, THERMOLABLE SUBSTANCES

Зміст

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ	8
ВСТУП.....	10
1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ	13
1.1 Призначення розпилювальної сушарки і галузь її застосування	13
1.2 Характеристика готової продукції виробництва пектину	14
2 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ПЕКТИНУ	17
3 ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ РОЗПИЛЮВАЛЬНОЇ СУШАРКИ.....	21
3.1 Обґрунтування вибору сушарки	21
3.2 Опис конструкції розпилювальної сушарки.....	25
3.3 Вибір матеріалів розпилювальної сушарки	26
3.4 Патентно-літературний огляд стану питання	28
4 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА АПАРАТУ	30
5 РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ТА НАДІЙНІСТЬ КОНСТРУКЦІЇ	31
5.1 Тепловий розрахунок	32
5.1.1 Матеріальний баланс	32
5.1.2 Тепловий баланс.....	33
5.1.3 Теплова ізоляція сушарки	37
5.1.4 Основні параметри розпилення	38
5.2 Конструктивний розрахунок	39

					БІ-61.06.709711.000-10ПЗ				
					Лінія виробництва пектину з розробкою сушарки розпилювальної. Пояснювальна записка	Лит.	Маса	Масштаб	
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата					
Розроб.		Решетняк А.В.							
Перевір.		Остапенко Ж.І							
Т. Контр.									
Реценз.						Лист	6	Листів	59
Н. Контр.						ФБТ, НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського»			
Утв.		Остапенко Ж.І							

5.2.1 Геометричний розрахунок сушильної камери	39
5.2.2 Розрахунок калорифера	40
5.2.3 Розрахунок вентилятора	41
5.2.4 Розрахунок циліндричної обичайки	43
5.2.6 Розрахунок конічного днища	45
5.2.7 Перевірка несучої спроможності апарату на дію опорних навантажень	46
6 РЕКОМЕНДАЦІЇ ПО МОНТАЖУ ТА УМОВИ БЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ.....	48
7 РІВЕНЬ СТАНДАРТИЗАЦІЇ ТА УНІФІКАЦІЇ.....	52
8 ОХОРОНА ПРАЦІ	53
ВИСНОВКИ	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	58
Додатки	

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

G_{Π} – продуктивність сушарки по вологому матеріалу, кг/с;
 G_K – продуктивність сушарки по висушеному матеріалу, кг/с;
 w_{Π} – початкова вологість матеріалу, %;
 w_K – кінцева вологість матеріалу, %;
 t_1 – температура теплоносія на вході в сушильну камеру, °С;
 t_2 – температура теплоносія на виході із сушильної камери, °С;
 θ_1 – температура матеріалу на вході в сушильну камеру, °С;
 θ_2 – температура матеріалу на виході із сушильної камери, °С;
 W – кількість випареної води, кг/с;
 $Q_{\text{вип}}$ – тепло, що витрачається на випарювання води, Вт;
 I_2 – ентальпія вторичної пари, Дж;
 c_n – теплоємність водяної пари, Дж/кг·°С;
 $Q_{\text{нагр}}$ – тепло, що витрачається на нагрів матеріалу, Вт;
 c_m – теплоємність матеріалу, Дж/кг·°С;
 $Q_{\text{витр}}$ – втрати тепла в навколишнє середовище, Вт;
 L – абсолютну витрату повітря, кг/с;
 l_0 – питома витрата повітря, кг/кг;
 λ_1 – коефіцієнт теплопровідності, Вт/м·К;
 s_i – товщина шару ізоляції, м;
 α_3 – коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні апарата в навколишнє середовище, Вт/м·К;
 d – діаметр капель при дисковому розпиленні, м;
 ω_n – середня швидкість вильоту краплі із диску, м/с;
 ρ_1 – густина пектину, кг/м³;
 R_{ϕ} – радіус факела розпилу, м;
 ω_v – швидкість руху повітря в сушильній установці, м/с;
 V_c – об'ємна витрата повітря, м³/с;

					БІ-61.06.709711.000-10ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		8

F_k - площа перерізу сушильної камери, m^2 ;

D_k - діаметр камери, м;

H_k - висота сушильної камери, м;

$H_{кон}$ - висота конічної частини сушильної камери, м;

V_k - об'єм сушильної камери, m^3 ;

Q_k - теплове навантаження калорифера, Вт;

K – коефіцієнт теплопередачі для калорифера;

y – кількість паралельно встановлених калориферів;

x – кількість послідовно встановлених калориферів;

h_k – втрату напору калорифера, м;

Δp_v – втрата тиску в повітропроводі, Па;

Δp_k - втрата тиску в калорифері, Па;

N_n – потужність вентилятора, Вт;

$[\sigma]$ – допустиме напруження матеріалу, МПа;

V_p – об'єм робочого середовища, m^3 ;

V - об'єм апарату, m^3 ;

D – внутрішній діаметр апарату, мм;

S – товщина стінки, мм;

c – прибавка до розрахункової товщини стінки, мм;

P – тиск в апараті, Па;

λ – коефіцієнт теплопровідності, $\frac{Вт}{(м \cdot K)}$;

G_a – загальна вага апарату.

					БІ-61.06.709711.000-10ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		9

ВСТУП

Сьогодні більшості людей в Україні важко назвати себе цілковито здоровими. Екологічні проблеми не лише в країні, а й у всьому світі накладають свій відбиток на кожного з нас. Пестециди, нітрати, солі важких металів, радіонукліди – ці та багато інших шкідливих речовин вживає кожен з нас щодня. В додаток до цього накладається нестача вітамінів, мікро – та макро елементів та харчових волокон при вживанні надмірної кількості тваринного жиру. На тлі цього ведеться пошук альтернативних джерел корисних речовин, котрі можна б було вилучити з рослинної сировини [1]. А великий асортимент продукції та багатотонні обсяги виробництва в харчовій, фармацевтичній, біотехнологічних та інших промисловостях обумовлює високий попит на гідроколоїди, зокрема на сьогодні перспективним являється виробництво пектинових речовин.

Станом на 2020 рік найбільшим виробником пектинів вважається Європа, а найвживанішими для виробництва є цитрусова (близько 70 відсотків) та яблучна (приблизно 25 відсотків) сировина. Прогнозується зростання на ринку пектинів від 3 відсотків в рік на сьогодні до 5 відсотків в рік в найближчі роки [2].

Технології сьогодення, котрі використовуються при виробництві пектину, варіюються та мають безліч напрямків вдосконалень та нововведень при всій своїй простоті. При виробництві віддають перевагу маловідходній, енергозберігаючій та ефективній технології, зокрема залучення вторинної сировини. Критеріями ефективності технології добування пектину є її універсальність, екологічність та безвідходність, адже як було зазначено раніше техногенне навантаження на навколишнє середовище значно зросло останнім часом [3].

Для якісної переробки необхідне якісне обладнання, котре буде

					БІ-61.06.709711.000-10ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		10

більш продуктивним і при цьому матиме менші втрати та не високу енергоємність. Зокрема багато технологічних процесів містять стадію сушіння. В Україні на даний процес витрачається суттєва кількість енергетичних ресурсів. Для прикладу приблизно 210 тисяч різних продуктів піддаються сушінню у хімічній промисловості. Близько 25 відсотків від видобутого палива та електроенергії затрачаються на здійснення даного процесу. У розвинутих країнах енергоємність технологічних процесів в середньому в 4 рази нища ніж в Україні. В значній кількості випадків, для вилучення вологи в процесі сушіння, енергії використовується майже у 3 рази більше від необхідної, отже технологія сушіння одна з перших потребує суттєвого вдосконалення [4].

На відміну від рідинних, сухі речовини мають кращі властивості. В даних речовинах сповільнюються мікробіологічні процеси, знижуються хімічні реакції та зменшуються витрати при зберіганні та транспортуванні. В цілому процес сушіння можна розглядати як метод консервування, адже він базується на принципі мінімізації дії вологи на виготовлений продукт [5].

Одним з традиційних методів сушіння, що використовується на виробництві, являється конвективний спосіб сушіння. Основними недоліками цього способу є довга тривалість процесу, висока температура сушильного агента, значна енергоємність. Проте технології сушіння сьогодення дають змогу отримувати продукти широкого асортименту з новітніми фізико-хімічними властивостями, котрі матимуть задану форму та тривалий термін зберігання без втрати якості [6]. Одним з методів вдосконалення технології конвективного сушіння можна вважати застосування іноваційних сушильних установок, зокрема розпилювальної сушарки. Зазначений апарат застосовується в різних промисловостях. Зокрема, у фармацевтичній, біотехнологічній, хімічній та харчовій.

					БІ-61.06.709711.000-10ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		11

Розпилення продукту дає можливість рівномірно розпилювати рідину і інтенсифікувати процес випаровування вологи. Висушений розчин проходить через диск розпилювальної головки, що обертається з великою частотою, в наслідок цього частинки рідини перетворюються в найменші краплі. Це дозволяє збільшити швидкість розпилювання і зменшити діаметр капель на виході, що в свою чергу вплине на час сушіння [4].

Мета роботи - описати лінію виробництва пектину та призначення і область застосування спроектуваної сушарку для висушування готового продукту. Навести обґрунтування вибору проектованої конструкції, технічну характеристику установки. Навести рекомендації з монтажу та експлуатації, зазначити рівень стандартизації та уніфікації.

Оскільки пектин – це термолабільна речовина і для забезпечення високої якості продукту необхідно зменшити час перебування продукту при високих температурах, то було вибрано розпилювальну сушарку, що є технологічно та економічно вигідним, а працездатність та надійність конструкції було підтверджено проведеними розрахунками. А зважаючи на те що, пектин являється ще й в'язкою речовиною, в якості розпилювача було використано запатентований розпилювальний диск [7]. Подана форма диска дозволяє збільшити швидкість розпилювання і зменшити діаметр капель на виході, що вплине на час сушіння.

Запропонована лінія виробництва пектину з розробкою сушарки розпилювальної повинна задовольняти всі вимоги проведення процесу та техніки безпеки, а якість продукту відповідати нормам.

					БІ-61.06.709711.000-10ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		12

1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ УСТАНОВКИ

1.1 Призначення розпилювальної сушарки і галузь її застосування

Сушіння – один з найбільш затребуваних процесів у будь-якому виробництві, що базується на принципі зневоднення речовини. Причому в якості матеріалу можуть виступати різноманітні матеріали (Тверді, пастоподібні, рідкі) на різних стадіях переробки: як сировина чи напівфабрикати, так і готові вироби, тощо. Даний процес використовується і для одержання сухого пектину та може розглядатися як метод консервування, що базується на принципі мінімізації дії вологи на продукт в цілому. Результатом висушування по відношенню до кінцевого продукту є сповільнення мікробіологічних процесів та хімічних реакцій (підвищує стійкість при зберіганні продуктів), зменшення маси (зменшує витрати на зберігання і транспортування продукту), підвищення теплоти згорання (паливо), збільшення міцності (деревина, кераміка) [8].

Оптимальний режим сушіння вибирється з урахуванням максимально можливого збереження хіміко-біологічних та фізичних властивостей вихідної речовини при найменшій енерговитраті. Кількість підведеного тепла до висушеного матеріалу та швидкість її відводу від поверхні тіла, а також інтенсивність переміщення вологи визначають ефективність самого процесу [9].

Для висушування пектину в нашому випадку використовують розпилювальну сушарку. Зазначений апарат застосовується в різних промисловостях. Зокрема, у фармацевтичній, біотехнологічній, хімічній та харчовій.

Розпилення продукту дає можливість рівномірно розпилювати рідину і інтенсифікувати процес випаровування вологи. Висушений розчин проходить через диск розпилювальної головки, що обертається з великою частотою, в наслідок цього частинки рідини перетворюються в

					БІ-61.06.709711.000-10ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		13

найменші краплі.

До основної характеристики розпилювальних сушильних установок відносять напруження об'єму сушки по волозі (яка кількість вологи випаровується за 1 годину в 1 м³ сушильної камери) [4].

1.2 Характеристика готової продукції виробництва пектину

Для пектину існують певні вимоги, наведені в ГОСТ 29186-91 [10]. Відповідно до них пектин – це порошок тонкого помелу від світло-сірого до кремового кольору без сторонніх домішок та без запаху, що має слабокислий смак. Допускається наявність волокнистої фракції пектину у вигляді пластивців. Ступінь етерифікації повинен бути від 66% , а масова частка вологи не повинна перевищувати 10%. Сторонні домішки, видимі неозброєним оком не допускаються [10].

До основних властивостей пектину можна віднести: комплексоутворюючу, стабілізуючу, емульгуючу і драглеутворюючу здатності [11]. Здебільшого пектин застосовується у якості харчової добавки, оскільки при взаємодії похідної від пектину (еомукуронова кислота) та іонами важких , радіоактивних металів забезпечується прекрасна коовлексоутворююча здатність, що дозволяє зробити пектин затребуваним в харчуванні людей, які перебувають у забрудненому металевими ксенобіотиками та радіонуклідами середовищі, а також військових та дітей.

Пектин також використовується і в медичній промисловості. Він володіє бактерицидною дією відносно сальмонел та стафілококів, і застосовуються при лікуванні захворювань шлунково-кишкового тракту. Головна відмінність медичного пектину від харчового є високий ступінь очистки, наприклад вимога щодо вмісту галактурованої кислоти в харчових продуктах (від 65%) фармацевтичних і медичних (від 74 %). Пектини, що використовуються в медичній та фармацевтичній

					БІ-61.06.709711.000-10ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		14

промисловостях також не повинні містити штучних добавок та мати стабільне значення рН та ступення розчинності.

Пектин застосовують як добавку для підвищення вмісту баластних речовин в продуктах харчування, для виробництво дієтичних, косметичних, фармацевтичних продуктів з лікувальними властивостями; для виробництво лікувально-профілактичних препаратів, зокрема при виведенні з організму іонів важких металів та лікування хвороб, регулювання рівня холестерину в крові [12,13].

На сьогоднішній день в світі виробляється приблизно 45 тисяч тон пектину. При цьому потреба в пектині, при його цілорічному споживанні добової норми 100 мільйонами людей становить близько 70 тисяч тон на рік. Як ми можемо бачити виробництво пектину є доволі затребуваним на сьогодні.. В ЄС станом на 2018 рік діяло 11 заводів по виробництву пектину. В Україні до 2019 року не було заводу по виготовленні пектину і країна за даними Держкомстату витратила близько 4,5 млн. доларів США на імпортовані харчові пектинові речовини в рік і лише в 2019 році виробник соків Galicia запустив завод з виробництва яблучного пектину в Львівській області [14].

Виробництво саме яблучного пектину в Україні пов'язане з низкою факторів. В таблиці 1.2.1 наведено класифікацію пектиновмісної сировини за технологічними особливостями. Як бачимо найвищий вміст пектину у відношенні до найбільшому ступіні еретифікації мають: коренеплоди, гарбузові, зерняткові, цитрусові та соняшник. При цьому ступінь еретифікації є більш важливим фактором. Зважаючи на сировину яка виробляється в Україні найдоцільнішим є виготовлення пектину з буряку, сонячнику чи яблук, а зважаючи на велику кількість цукрових, сокових та заводів по переробці сонячнику доцільним в якості сировини використовувати жом, вичавки та кошики і стебла вище зазначених

					БІ-61.06.709711.000-10ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		15

продуктів. При цьому найбільшу розтворну здатність матиме пектин саме яблучних вичавок (вміст метоксильних груп складає 7-11 %) [15].

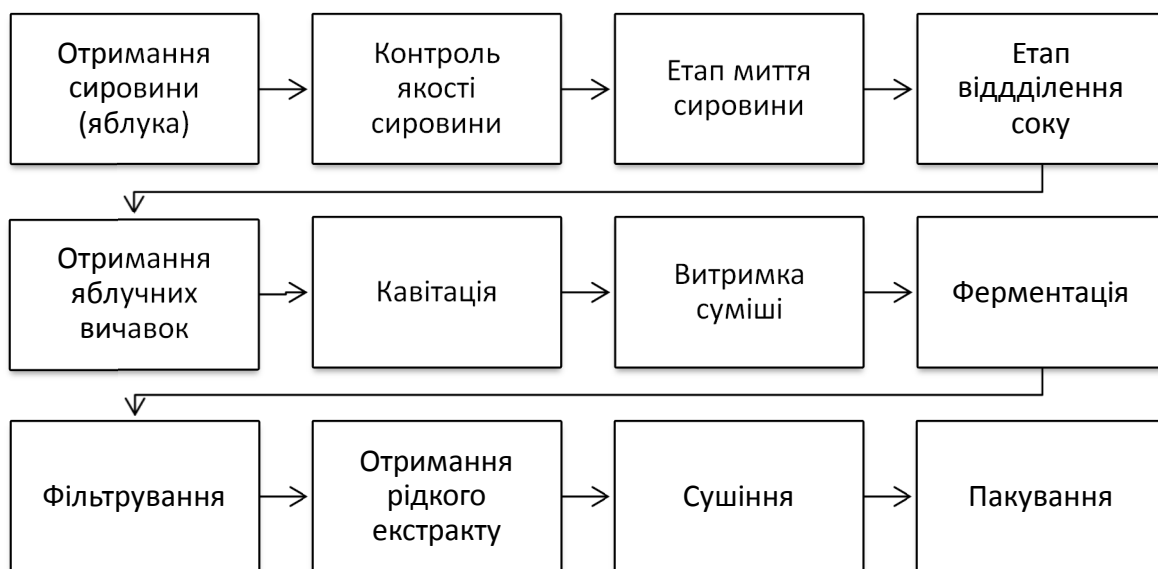
Таблиця 1.2.1 Класифікацію пектиновмісної сировини за технологічними особливостями.

Вид пектиновмісної сировини			Вміст пектину, %	Ступінь еретифікації, %
О в о ч і	Бульбоплоди; коренеплоди.	Картопля; буряк, морква.	5,5-2,1 30,1-6,5	72-28,2
	Листові; стеблеві.	капуста, цибуля; селера.	7,6-4,9 10,3-9,2	65,1
	Плодові.	баклажан, перець, томат.	11,1-9,3	63,3
	Гарбузові.	гарбуз, диня, кавун.	23,7-1,8	61,0-41,0
	Бобові та зернові.	зелений горошок, кукурудза; пшениця, ячмінь, овес, рис.	2,6-1,6 3,2-4,1	40,5
П л о д и Я г о д и	Зерняткові.	яблуко, груша, айва, горобина.	20,0-3,7	80,5-64,5
	Кісточкові.	вишня, черешня, слива, абрикос.	9,1-1,8	
	Справжні; несправжні; складні.	виноград, смородина; суниця, полуниця, малина; брусниця, чорниця, журавлина.	12,0-4,2 8,0-3,4 6,6-3,1	37,9-33,1
	Субтропічні цитрусові.	банан, лимон, апельсин, мандарин.	14,2-5,0	75,5-70,3
	Тропічні цитрусові.	інжир, фейхоа, хурма, ківі, грейпфрут, гранат.	16,0-5,6	
І н ш е	Сонячник: листя ; стебла; кошики. Стулки коробочок бавовни.	чай, тютюн	14,2-5 35,6- 21,0 23,5- 12,1 15,5- 10,5	65,2-40,3
	Кора дерев	сосна, ялина, листовиця	9,1-8,2	61,2-37,6

2 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ПЕКТИНУ

Процес виробництва пектину поданий в даній дипломній роботі базується на процесі дії ферментів мікроорганізмів, а саме *Aspergillus arisae*, що дозволяє збільшити вилучення пектину із ферментованої мезги в порівнянні з неферментованої до 4%. Крім того, поданий метод включає ресурсозберігаючу технологію використання вторинної сировини, а метод ферментація дозволяє економити енергетичні ресурси при всесторонньому користуванні рослинною сировиною та не висуває вимог до кислотостійкості обладнання [16].

Технологічний процес виготовлення пектину включає основні та допоміжні операції. До допоміжних можна віднести стадії підготовки повітря та очищення повітря перед викидом в атмосферу. Основні

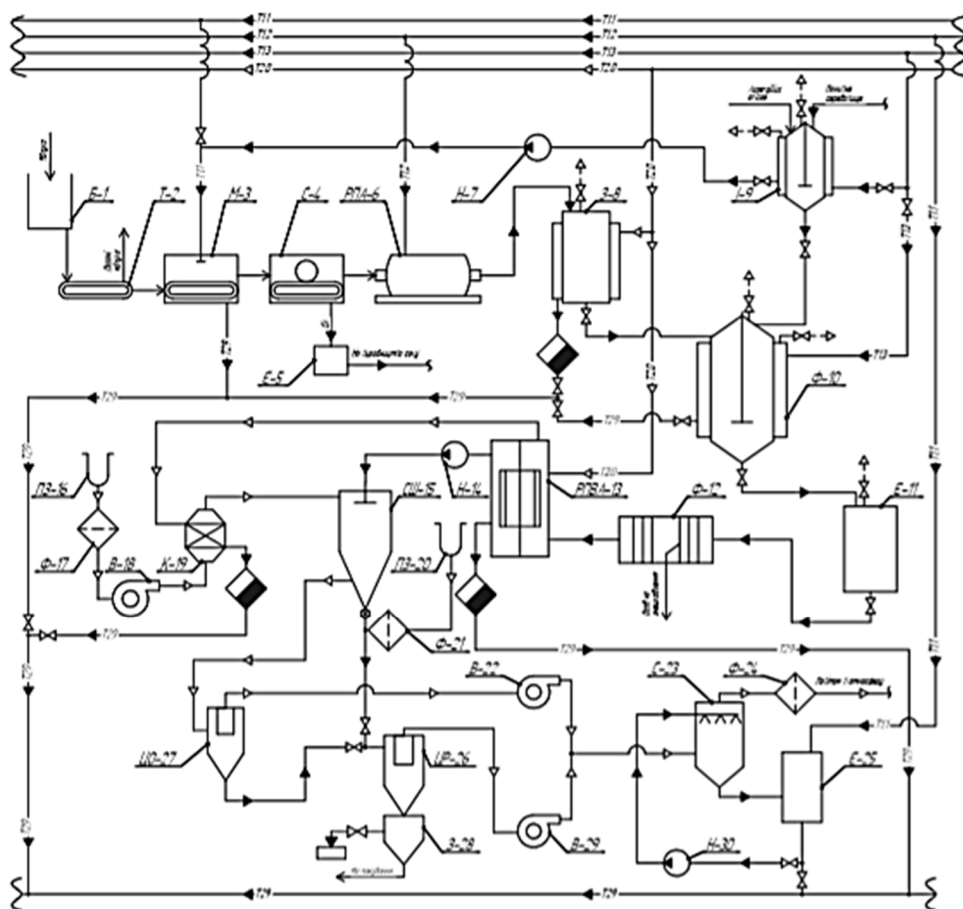


операції наведені на принциповій схема виробництва пектину (рис. 1).

Рисунок 2.1- Принциповій схема виробництва пектину

Апаратурна схема виробництва пектину представлена на кресленні 1 та на рисунку 2 .

Яблука подаються в бункер Б-1, після контролю якості, котрий включає в себе відбір дефектних яблук, не придатних для виробництва,



що здійснюється на транспортері Т-2, вони подаються на мийку М-3.

Рисунок 2.2 - Апаратурна схема виробництва пектину

Після миття з яблук відділяють сік на соковижималці С-4 . Сік надходить до ємності Є-5 і далі поступає на лінію виробництва соку. Вичавки, разом з очищеною водою, надходять у роторно-пульсаційний апарат РПА-6 в співвідношенні 1:2,6 це робиться для забезпечення текучості суміші, для можливості подальшого транспортування. Отриману таким чином суміш піддають кавітаційній обробці до досягнення візуально однорідної консистенції, зазвичай даний процес триває приблизно 4-6 хв. Після цього екстракційну суміш зливають в збірник З-8 і прогрівають до температури 85-92 ° С і витримують при цій температурі протягом години за допомогою періодичної подачі пари.

					БІ-61.06.709711.000-10ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		18

					БІ-61.06.709711.000-10ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		19

Наступний процес – ферментація , що проходить в ферментаційній установці Ф-10. В апарат - інокулятор І-9 подають культуру мікроорганізму *Aspergillus orisae*, після цього отримана суміш поступає до ферментаційної установки. Ферментація проводиться при температурі 40-50°C протягом 12 годин. Після завершення ферментації, наша речовина подається в ємність Є-11, а далі надходить на фільтрацію.

Фільтрація здійснюється на фільтрпресі Ф-12 , при тиску 2-2,5 атм . Потім отриманий фільтрат направляють у роторно-плівковий випарний апарат В-13, де відбувається концентрування розину і за допомогою насоса Н-14, концентрат поступає у сушильну установку СШ-15 .

Сушіння відбувається при температурі 60-70 °С. Перед тим, як повітря надходить до сушильної установки, вона проходить підготовку. Повітря надходить із повітрозбірника ПЗ-16, проходить через фільтр Ф-17 і за допомогою вентилятора В-18 поступає у калорифер К-19, де повітря підігрівається. Після сушіння продукт за допомогою повітря з повітрозабіринка ПЗ-20 , надходить у розвантажувальний циклон ЦР-26. Порошок відділяється від повітря і осідає в збірнику З-28. Після цього вже готовий продукт йде на пакування.

Повітря, яке було використане в сушарці в подальшому мусить пройти процес очищення перед викидом в атмосферу . Після сушарки СШ-15, воно поступає до очищувального циклону ЦО-27. Там повітря очищується від твердих частинок готового продукту, який після відокремлення надходить у розвантажувальний циклон, саме повітря за допомогою вентилятора В-22 надходить у скруббер С-23. В скруббері відбувається вологе очищення, і після проходження фільтра Ф-24, повітря випускається в атмосферу. Аналогічну стадію очистки проходить повітря, яке використовувалося для подачі готового продукту із сушарки СШ-15 до розвантажувального циклону ЦР-26 [17,18,19,20].

					БІ-61.06.709711.000-10ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		20

3 ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ РОЗПИЛЮВАЛЬНОЇ СУШАРКИ

3.1 Обґрунтування вибору сушарки

Сушіння – один з найчастіш використовуваних методів концентрування. Під час сушіння утворюється продукт, що містить в собі концентрацію всіх складових, котрі були в ньому до розведення даного процесу. Вітаміни та пектинові речовини є термолабільними, тому необхідно унеможливити чи мінімалізувати їх втрату. До того ж в продуктах містяться цукри, які при нагріванні здатні карамелізуватися. Зважаючи на все вище сказане температура проведення сушіння не повинна перевищувати 85°C.

У мікробіологічній промисловості збезводнення культуральної рідини здійснюється двома основними методами: механічним (сюди відносять фільтрування і центрифугування, віджимання та відстоювання) і тепловим (випарювання вологи з подальшим її відведенням), ми вибираємо тепловий метод оскільки лише він дає можливість отримати кінцеву вологість продукту від 5 до 12 відсотків. Перевагу надаємо штучному сушінню над природнім, що значно пришвидшує процес. За способом підведення теплоти розрізняють:

- Конвективне сушіння (безпосередній контакт матеріалу і сушильного агента);
- контактне (кондуктивне) сушіння (передача теплоти від теплоносія до матеріалу через розділяючу стінку);
- радіаційне сушіння (тепло передається тонкому прошарку матеріалу або його поверхні від електричних або газових інфрачервоних випромінювачів);
- сублімаційне сушіння (волога видаляється з матеріалу в замороженому стані).

					БІ-61.06.709711.000-10ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		21

➤ діелектричне сушіння (матеріал висушується в полі струму високої частоти).

При конвективному способі сушіння коефіцієнт тепловіддачі від газоподібного теплоносія до вологої сировини не забезпечує однорідне температурне поле навіть у тонких шарах висушуваної сировини. Сушильний агент передає матеріалу теплоту, під дією якої з матеріалу видаляється волога у вигляді пари, яка надходить в навколишнє середовище.

Установки, що базуються на контактному способі сушіння є громіздкими та мають низький ККД. При радіаційному способі суттєвим недоліком є велика тривалість і площа необхідна для проведення процесу при нагрівання сонячними променями та низький ККД при сушіння інфрачервоними променями . Сублімаційне сушіння являється тривалим, дорогим і енергоємним. Недоліки діелектричного способу сушіння полягають в значній витраті електроенергії. За способом підведення теплоти, в даній роботі представлена установка, що використовує конвективне сушіння. При сушінні нагрітим повітрям основні характеристики режиму сушіння, а саме температура, вологість і швидкість руху повітря можуть бути різними і вибиратися виходячи з технологічних і економічних міркувань. Повітря одночасно є тепло- і вологоносієм. Поданий метод сушіння знайшов найбільше застосування завдяки простоті конструкції сушильних пристроїв, пожежній та санітарно-гігієнічній безпеці. Він широко розповсюджений в мікробіологічному синтезі в пневматичних, розпилювальних та сушарках у «киплячому шарі» [24,25,26,24,25].

Для сушіння сипучих, подрібнених або диспергованих матеріалів можуть використовувати шахтні, барабанні, пневматичні, термо-радіаційні сушарки та сушарки з киплячим, віброкиплячим шарами і розпилюючі

					БІ-61.06.709711.000-10ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		22

сушарки. Найуніверсальнішими при сушіння рідких термолабільних матеріалів для отримання сухих порошкоподібних або гранульованих матеріалів з рідких розчинів або суспензій являються розпилювальні сушарки. Принцип дії полягає в диспергуванні рідкого матеріалу (форсунками, відцентровими, дисковими або акустичними пристроями) в просторі сушильної камери, куди водночас подається нагрітий сушильний агент. Основним недоліком даних установок є великий об'єм, це є необхідним аби розпилений матеріал не потрапляв на стінку сушильної камери установки. Великий об'єм спричиняє в робочій зоні не високу концентрацію часток матеріалу, а тому необхідне збільшення ступеню диспергування. Проте умови сушіння в розпилюючих сушках забезпечують неможливість перегріву часток, адже має низьку температуру матеріалу при сушінні, а температура матеріалу на протязі періода сушки не перевищує температури випарюваної води (60 – 70 градусів Цельсія) та залишається нижче температури сушильного агента, що безсумнівно підходить для нашого пектину. Крім того вона задовільняє головні вимоги до сушильних установок – забезпечення рівномірного сушіння та отримання високоякісної продукції у всьому об'ємі сушильної камери при високих техніко-економічних показниках: мінімальних витратах теплоти та електроенергії на висушування одного кілограма сировини. Ще днією перевагою є те, що розпилювальна сушка дозволяє отримання продукту у вигляді дрібного порошку, який не потребує подальшого подрібнення і є добре розчинним, і до того ж має високу швидкість процесу сушіння.

За способом розпилювання продукту сушарки поділяють на дискові і форсункові. В дискових розпилення продукту відбувається під дією відцентрової сили, в форсункових — внаслідок різкого перепаду тиску при виході продукту із сопла або під дією повітря. В нашому

випадку ми					БІ-61.06.709711.000-10ПЗ	Арк. 23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

					БІ-61.06.709711.000-10ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		24

використовуємо диск, оскільки він є надійний в експлуатації, забезпечуючи рівномірне розпилення та є більш легкий для встановлення та обслуговування ніж форсунки, адже форсунки доволі часто забиваються, а вихідний отвір механічних форсунок швидко розробляється під шліфуючою дією струменя, внаслідок чого розмір крапель збільшується і погіршується робота сушарки. Крім того, продуктивність сушарок з механічними форсунками не можна регулювати в процесі роботи.

Розчин, який подається на сушку, розпилюється центрибіжним пристроєм з допомогою диска. Сушильний агент подається в верхню частину установки по трубопроводу, на кінці якого встановлено розподільний конусний пристрій. З допомогою пристрою відбувається завихрювання поступаючого газу. Розпилені диском краплі продукту підштовхуються потоками повітря і йдуть до низу. Волога випаровується, а залишені дрібні висушені частинки порошку продукту осаджуються в конусному днищі і спускаються по його стінці до розвантажувального пристрою подачі порошку в систему пневмотранспорту. Дану установку неважко автоматизувати, що зменшує необхідність у великій кількості обслуговуючого персоналу.

Камери які використовують для сушки, виготовляються із нержавіючої сталі. Вони можуть бути як з конічним так і з плоским днищем. В камерах з конічним днищем готовий продукт в вигляді порошку видаляється під дією сили тяжіння, що обумовлює перевагу даного типу днища над плоским [29,30,28,29].

3.2 Опис конструкції розпилювальної сушарки

Згідно технологічного процесу до сушарки на сушіння поступає вологий продукт, а саме пектин, який необхідно висушити до вмісту води 12%, при початковому вмісті води 90%. Схема сушильної камери зображена на рисунку 3.1.

					БІ-61.06.709711.000-10ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		25

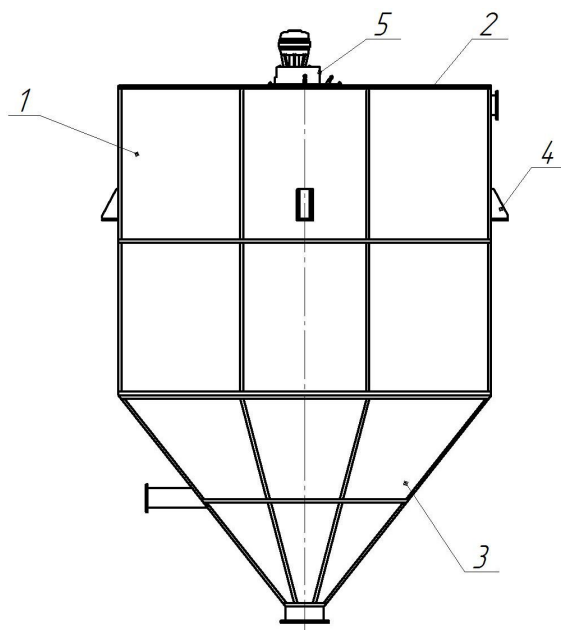


Рисунок 3.1 Схема сушальної камери розпилювальної сушарки:

1 – корпус, 2 – кришка, 3 – днище, 4 – опори, 5 – розпилювач.

Корпус (2) сушарки представляє собою циліндричну ємність з привареним конічним днищем (3). Апарат має плоско-приварну кришку (1) з встановленим на ній розпилювачем (5).

Сушіння відбувається за допомогою нагрітого в калорифері повітря. Подача теплоносія здійснюється зверху.

Опорами (4) для сушарки слугують підвісні лапи. Необхідно передбачити наявність оглядового вікна для спостереження за процесом та засоби контролю параметрів процесу. Поверхня апарату, трубопроводів теплоносіїв згідно з нормами техніки безпеки та для зменшення теплових витрат необхідно ізолювати. [23,30]

3.3 Вибір матеріалів розпилювальної сушарки

Матеріал деталей апарату вибираємо відповідно до середовища, з яким вони контактують. Оскільки в середину сушарки надходить вологий пектин, котрий в подальшому висушується гарячим теплоносієм, то для виготовлення обираємо корозійностійку, жаростійку, жароміцну сталь 12X18H10T ГОСТ 5632–88, що задовільняє всі вимоги.

Отже, корпус,

					БІ-61.06.709711.000-10ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		26

					БІ-61.06.709711.000-10ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

плоска кришка та конічне днище даної сушильної установки виготовляють зі сталі 12X18H10T ГОСТ 5632–88. Дана сталь також має підвищений опір міжкристалічній корозії.

Хімічний склад сталі 12X18H10T ГОСТ 5632–88 у відсотковому співвідношенні: кремній - 0,12; мідь - 0,3%; марганець - 2,0%; нікель - 10%; титан – 0.6 %; фосфор - 0,035%; хром - 18%; сірка - 0,02%.

Вплив конкретних елементів на властивості сталі: марганець – збільшує твердість, зносостійкість, стійкість проти ударних навантажень; мідь – зменшує корозію; нікель – підвищує міцність, пластичність, корозійну стійкість; титан – збільшує міцність, опір корозії.

Для виготовлення лап-опор використовують сталь з здатністю до зварювання марки Ст3 (ГОСТ 380–94). Дана марка є значно дешевшою за інші леговані сталі і з цієї сталі можна виготовити вироби підвищеної міцності, що є дуже важливим при виготовленні опор апаратів. Кріпильні вироби також виготовляють із сталі марки Ст3 (ГОСТ 380–94).

В якості матеріалу теплоізоляції апарату – вата мінеральна ВМСТ ГОСТ 4640-93. Даний тип вати призначений для виготовлення теплоізоляційних виробів, та може виступати в ролі теплоізоляційного матеріалу в будь якій промисловості для ізоляції поверхонь з високою температурою до (700°C) [31,32].

3.4 Патентно-літературний огляд стану питання

Був проведений патентний та літературний огляд, відносно можливих поліпшень розпилюючої сушарки на сайті Всесвітній організація інтелектуальної власності WIPO та бази даних Укрпатент. Загалом існує велика кількість патентів на дану тематику, статистичні дані наведені на рисунку 3.4.1. Найбільш доцільні були відібрані та наведені в додатку А.

					БІ-61.06.709711.000-10ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		28

Страны		Заявители		Изобретатели		Код МПК		Даты публикации	
Китай	1 319	GEA PROCESS ENGINEERING A/S	48	YAMASHITA OSAMU	16	B01D	789	2011	101
Соединенные Штаты Америки	432	NIRO A/S	27	BERNSTEIN HOWARD	11	F26B	641	2012	102
Япония	372	THE BABCOCK & WILCOX COMPANY	23	SAEKI TATSUYA	11	B01J	340	2013	94
Республика Корея	282	SANOFI PASTEUR SA	20	ZHOU GUOFU	11	A61K	281	2014	146
РСТ	203	ALSTOM TECHNOLOGY LTD	17	AOYAMA, HITOSHI	10	A23L	259	2015	184
Европейское патентное ведомство (ЕПВ)	187	TDK CORP	16	THE INVENTOR HAS WAIVED THE RIGHT TO BE MENTIONED	10	B05B	191	2016	175
Соединённое Королевство	120	MITSUBISHI RAYON CO LTD	15	UESUGI MANABU	10	C04B	150	2017	296
Канада	110	SPRAYING SYSTEMS CO.	15	HASHIMOTO SHINYA	9	B08B	135	2018	385
Австралия	84	ACUSPHERE, INC.	14	LUY, BERNHARD	9	C01B	125	2019	446
Российская Федерация	81	LG ELECTRONICS INC.	13	TAKAHASHI YOSHIAKI	9	D06F	122	2020	23

Рисунок 3.4.1 Статистичні дані з сайту Wipo.

4 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА АПАРАТУ

Апарат призначений для сушіння вологого пектину. Технічні характеристики апарату наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

№	Характеристика	Значення
1	Продуктивність сушильної камери по сухому продукту, кг/год	65
2	Тип розпилювального пристрою	Відцентровий дисковий розпилювач
3	Сушильний агент	Повітря
4	Об'ємна витрата сухого повітря, м ³ /с	1.78
5	Температура сухого повітря, °С	На вході в сушильну камеру - 120
		На виході із сушильної камери - 65
6	Габаритні розміри, мм	Довжина - 4200мм
		Ширина – 4200 мм
		Висота– 58800 мм
7	Середовище в апараті	Не токсичне, вибухонебезпечне, пожежобезпечне
8	Маса, кг	1850

5 РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ТА НАДІЙНІСТЬ КОНСТРУКЦІЇ

Вихідні дані:

1. матеріал, що висушується – вологий пектин;
2. теплоносій – гаряче повітря;
3. продуктивність сушарки по вологому матеріалу $G_{\text{п}}$, кг/год
- 150;
4. продуктивність сушарки по висушеному матеріалу $G_{\text{к}}$, кг/год
- 65;
5. початкова вологість матеріалу $w_{\text{п}}$, %
- 90;
6. кінцева вологість матеріалу $w_{\text{к}}$, %
- 12.
7. температура теплоносія на вході в сушильну камеру t_1 , °C
- 120;
8. температура теплоносія на виході із сушильної камери t_2 , °C
- 65;
9. температура матеріалу на вході в сушильну камеру θ_1 , °C
- 30;
10. температура матеріалу на виході із сушильної камери θ_2 , °C
- 45.

					БІ-61.06.709711.000-10ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		31

5.1 Тепловий розрахунок

5.1.1 Матеріальний баланс

Метою даного розрахунку матеріального балансу є визначення кількості вологи, видаленої з сушильної камери, а також продуктивності сушарки по вологому матеріалу. Схема до розрахунку приведена на рисунку 5.1.

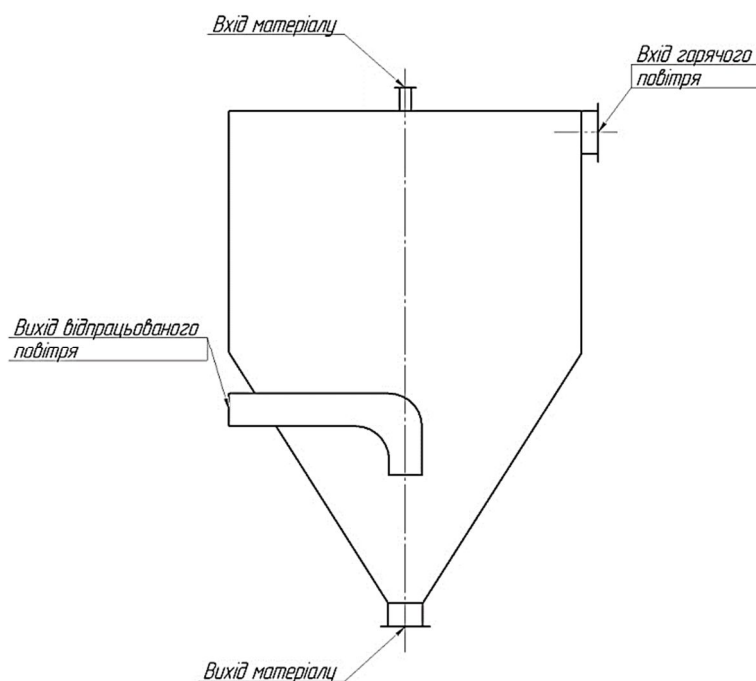


Рисунок 5.1 Схема до розрахунку матеріального балансу

Запишемо матеріальний баланс процесу [0]:

$$G_n = G_k + W, \text{ де}$$

G_n - продуктивність сушарки по вологому матеріалу;

G_k - продуктивність сушарки по сухому матеріалу;

W - кількість випареної вологи.

Продуктивність сушарки по сухому матеріалу визначають за наступною формулою:

$$G_k = \frac{G_n(100 - w_n)}{100 - w_k} = \frac{150(100 - 90)}{100 - 12} = \frac{1500}{88} = 17.05 \text{ кг/год} = 0.0047 \text{ кг/с, де}$$

w_n - початкова вологість матеріалу;

					БІ-61.06.709711.000-10ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		32

w_k - кінцева вологість матеріалу.

Кількість випареної води визначимо за наступною формулою:

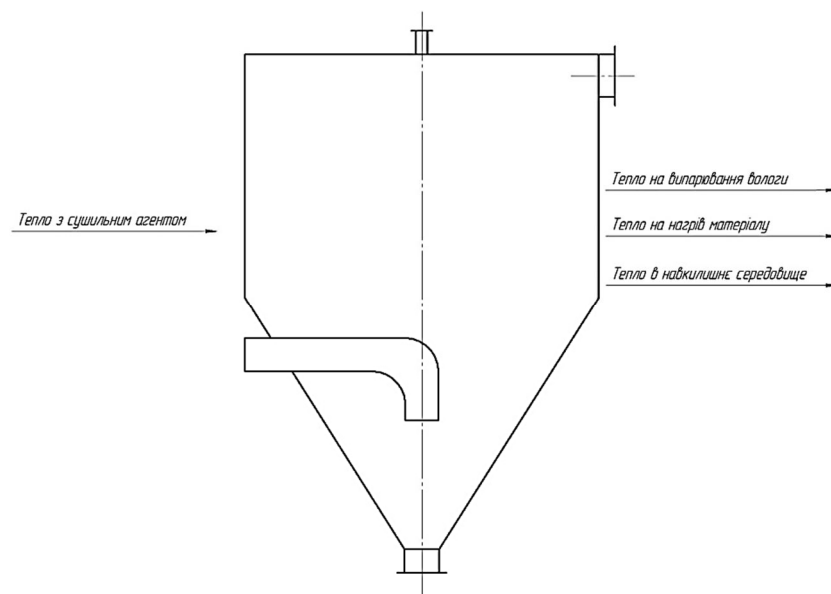
$$W = \frac{G_n(w_n - w_k)}{100 - w_k} = \frac{150(90 - 12)}{100 - 12} = \frac{11700}{88} = 132.954 \text{ кг/год} = 0.0369 \text{ кг/с.}$$

Використовуючи всі отримані раніше дані, запишемо рівняння матеріального балансу процесу:

$$G_n = G_k + W = 17.05 + 132.96 = 150.1 \text{ кг/с} = 0.0416 \text{ кг/с};$$

5.1.2 Тепловий баланс

В процесі сушіння волога з матеріалу, поданого у сушарку, випарюється і виноситься сушильним агентом. Для випарювання води і проведення сумісно із сушкою інших термічних процесів до матеріалу необхідно підвести тепло. Його можна підводити різними способами в залежності від способу сушки. Для визначення витрати тепла на сушку та витрати відповідно пального, електроенергії та пари використовують рівняння теплового балансу. Схема до розрахунку представлена на



рисунку 5.2.

Рисунок 5.2 Схема до розрахунку теплового балансу

Метою теплового балансу є визначення витрати сухого повітря та його вологовмісту. Для визначення цих параметрів нам необхідно

					БІ-61.06.709711.000-10ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		33

					БІ-61.06.709711.000-10ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		34

визначити загальну витрату тепла, для визначення якої в свою чергу являється необхідним складання рівняння теплового балансу.

Для того, щоб скласти рівняння теплового балансу, запишемо всі складові витрати тепла [0,34]:

- тепло, що витрачається на випарювання води:

$$Q_{\text{вип}} = W \cdot [I_2 - c_n \cdot \theta] = 0.0369 \cdot [2725 \cdot 10^3 - 2.1 \cdot 10^3 \cdot 30] = 98 \text{ кВт}$$

$I_2 = 2725 \cdot 10^3$ - ентальпія вторичної пари;

$c_n = 2.1 \cdot 10^3$ - теплоємність водяної пари;

- тепло, що витрачається на нагрів матеріалу:

$$Q_{\text{нагр}} = G_k c_k (\theta_2 + \theta_1) = 0.0181 \cdot 3 \cdot 10^3 (45 - 30) = 1 \text{ кВт}$$

$c_m = 3 \cdot 10^3$ - теплоємність матеріалу;

- втрати тепла в навколишнє середовище (приймаємо їх рівними 15%

від перших двох складових):

$$Q_{\text{витр}} = 0.15(Q_{\text{вип}} + Q_{\text{нагр}}) = 0.15(98 + 1) = 15 \text{ кВт}$$

Тепер складемо рівняння витрати тепла:

$$Q = Q_{\text{витр}} + Q_{\text{вип}} + Q_{\text{нагр}} = 98 + 1 + 15 = 114 \text{ кВт}$$

Абсолютну витрату повітря визначатимемо за формулою:

$$L = l_0 \cdot W = 45.1 \cdot 0.0369 = 1.66 \text{ кг/с},$$

де l_0 - питома витрата повітря;

Визначимо питомі витрати сухого повітря:

$$l_0 = \frac{1}{x_2 - x_1} = \frac{1}{0.0322 - 0.01} = 45.1 \text{ кг/кг},$$

де x_1 та x_2 вологовміст перед калорифером та на виході із сушильної камери відповідно. Параметри повітря перед калорифером : $t_0 = 20^\circ\text{C}$, $\phi_0 = 70\%$.

					БІ-61.06.709711.000-10ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		35

Для визначення вологовмісту перед калорифером (x_1), на виході із сушильної камери (x_2) та ентальпії вторичної пари, використаємо І-х діаграму Рамзіна (рисунок 5.3) і отримаємо:

					БІ-61.06.709711.000-10ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		36

$$x_1 = 0,01 \text{ кг/кг}$$

$$x_2 = 0,0322 \text{ кг/кг};$$

$$I_2 = 160 \text{ кДж/кг.}$$

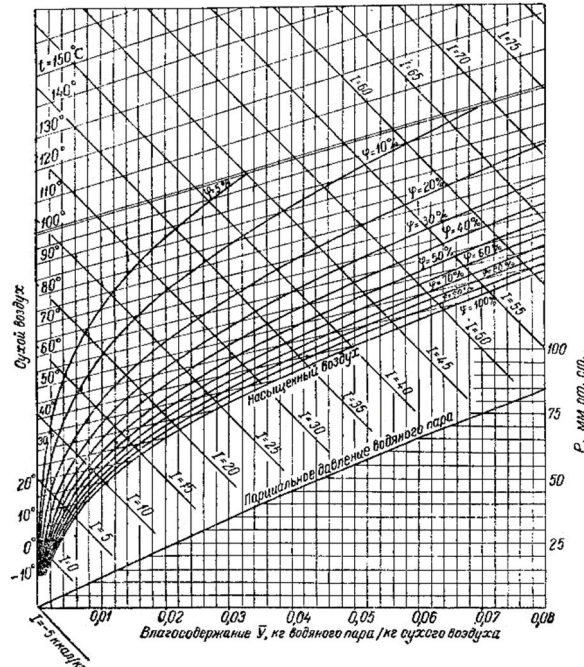


Рисунок 5.3 I-x діаграма Рамзіна

5.1.3 Теплова ізоляція сушарки

Проведемо розрахунок теплової ізоляції сушарки, метою якого є визначити товщину ізоляції [30].

Матеріал ВМСТ ГОСТ 4640-93, який обраний для термоізоляції, має коефіцієнт теплопровідності $\lambda_i = 0,72 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$. Приймаємо температуру зовнішньої поверхні стінки $t_{cm} = 100^\circ \text{C}$. Температуру зовнішнього середовища $t_0 = 20^\circ \text{C}$. Тоді товщина шару ізоляції:

$$s_i = \frac{\lambda_i (t_1 - t_{cm})}{\alpha_3 (t_{cm} - t_0)} = \frac{0,72 \cdot (120 - 100)}{21,6 \cdot (100 - 20)} = 0,013 \text{ м},$$

тут $\alpha_3 = 7,3 + 0,058 t_{cm} = 7,3 + 0,058 \cdot 383 = 21,6 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ - коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні апарата в навколишнє середовище .

Приймаємо товщину шару ізоляції $s_i = 0,02 \text{ м}$.

					БІ-61.06.709711.000-10ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		37

5.1.4 Основні параметри розпилення

Розрахуємо основні параметри розпилювання [30, 34].

Визначаємо діаметр капель при дисковому розпилюванні:

$$d = \frac{0,0425}{\sqrt{\rho_1 \cdot \omega_n^2}} = \frac{0,0425}{\sqrt{1080 \cdot 130^2}} = \frac{0,0425}{\sqrt{18252000}} = \frac{0,0425}{4272,236} = 1 \cdot 10^{-5} \text{ м}$$

$\omega_n = 130$ - середня швидкість вильоту краплі із диску,

$\rho_1 = 1080$ - густина пектину, який подається в канал.

Розраховуємо радіус факела розпилу:

$$R_\phi = \frac{27,7 \cdot d \cdot \rho_{cp}}{c \cdot \rho_g} \cdot \lg \frac{w_n}{w_k} = \frac{27,7 \cdot 1 \cdot 10^{-5} \cdot 900}{3 \cdot 0,934} = 0,09 \text{ м}$$

Швидкість руху повітря в сушильній установці:

$$\omega_g = \frac{4 \cdot V_c}{\pi \cdot D_k^2} = \frac{4 \cdot 1,99}{3,14 \cdot 3,5^2} = 0,207 \text{ м/с}$$

де V_c - об'ємна витрата повітря за секунду,

$$V_c = \frac{L}{\rho_g} = \frac{1,66}{0,934} = 1,78 \text{ м}^3/\text{с}$$

5.2 Конструктивний розрахунок

5.2.1 Геометричний розрахунок сушильної камери

Основною ціллю даного розрахунку являється визначення габаритних розмірів сушильної камери. Схема до розрахунку представлена на рисунку 5.2.1.1

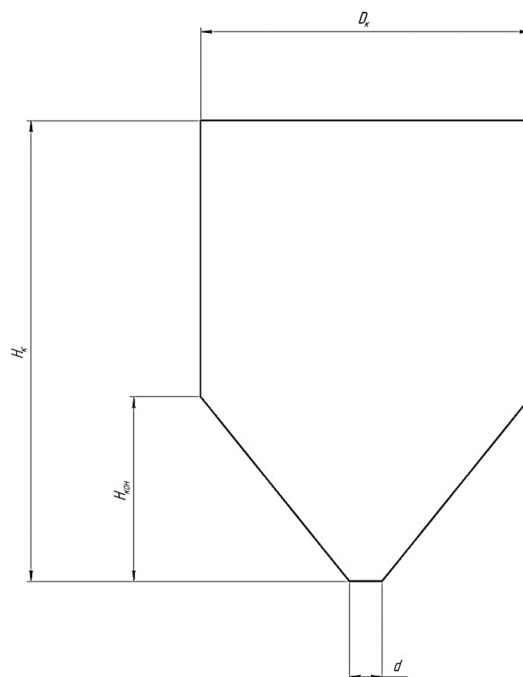


Рисунок 5.2.1.1 Схема до геометричного розрахунку

Визначаємо швидкість повітря по емпіричній формулі [32,34,35]:

$$v_g = 0,0127 \cdot \sqrt{W} = 0,0127 \cdot \sqrt{132,954} = 0,146 \text{ м/с}$$

Площа перерізу сушильної камери:

$$F_k = \frac{L}{\rho_c \cdot v_g} = \frac{1,66}{0,834 \cdot 0,146} = 13,6 \text{ м}^2$$

Визначаємо діаметр камери по пропускній здатності повітряного потоку:

$$D_k = \sqrt{\frac{4 \cdot F_k}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 13,6}{3,14}} = 4,2 \text{ м}$$

Висота сушильної камери при геометричному коефіцієнті К=1,4:

$$H_k = 1,4 \cdot D_k = 1,4 \cdot 4,2 = 5,88 \text{ м}$$

					БІ-61.06.709711.000-10ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		39

Висота конічної частини сушильної камери:

$$H_{\text{кон}} = 0.4 \cdot H_{\text{к}} = 0.4 \cdot 5.88 = 2.4 \text{ м}$$

Визначаємо об'єм сушильної камери:

$$V_{\text{к}} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot H_{\text{к}} = \frac{3.14 \cdot 4.2^2}{4} \cdot 5.88 = 81.4 \text{ м}^3$$

5.2.2 Розрахунок калорифера

Сушильна установка комплектується необхідним обладнанням, в тому числі й калориферами для підігріву повітря. Ціль розрахунку – визначити площу теплопередачі калорифера та його розміри [26].

Визначаємо теплове навантаження калорифера:

$$Q_{\text{к}} = L \cdot (I_1 - I_0) = 1.66 \cdot (150 - 20) = 215.8 \text{ Вт}$$

Визначаємо коефіцієнт теплопередачі для калорифера:

$$K = 10 \cdot (\rho v_{\text{к}})^{0.68} = 10 \cdot (0.5)^{0.68} = 6.24$$

де $\rho \cdot v_{\text{к}}$ - масова швидкість повітря в калорифері, приймаємо $\rho \cdot v_{\text{к}} = 0.5 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$.

Розраховуємо середню логарифмічну різницю температур граючої пари та повітря в калорифері:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_{\text{б}} - \Delta t_{\text{м}}}{2.3 \lg \frac{\Delta t_{\text{б}}}{\Delta t_{\text{м}}}} = \frac{120 - 20}{2.31 \lg \frac{120}{20}} = \frac{100}{2.31 \lg 6} = 4.3 \cdot 10^{-5} \text{ °C}$$

де $\Delta t_{\text{б}} = t_n - t_0 = 140 - 20 = 120$ - більша різниця температур,

$\Delta t_{\text{м}} = t_n - t_1 = 140 - 120 = 20$ менша різниця температур,

t_n - температура пари, приймаємо $t_n = t_1 + 20 = 120 + 20 = 140$

Визначаємо площу теплопередачі калорифера:

$$F = \frac{Q_{\text{к}}}{K \cdot \Delta t} = \frac{215.8}{6.24 \cdot 4.3 \cdot 10^{-5}} = 804 \text{ м}^2$$

Приймаємо число калориферів $n = \frac{F}{F_{\text{к}}}$, де $F_{\text{к}}$ - калорифер

стандартного розміру, у якого площа живого перерізу складає

$$f_{\text{к}} = 0.475 \text{ м}^2$$

					БІ-61.06.709711.000-10ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		40

Визначаємо кількість паралельно встановлених калориферів:

$$y = \frac{L}{f_k \cdot \rho v_k} = \frac{1.66}{0.475 \cdot 0.5} = \frac{1.66}{0.2375} = 7$$

Визначаємо кількість послідовно встановлених калориферів:

$$x = \frac{F}{F_k \cdot y} = \frac{804}{70 \cdot 7} = 2$$

Визначаємо втрату напору калорифера:

$$h_k = e \cdot (\rho \cdot v_g)^{2.01} \cdot y = 0.175 \cdot (0.5)^{2.01} \cdot 7 = 0.304 \text{ м}$$

5.2.3 Розрахунок вентилятора

Вентилятор використовується для подачі повітря, яке проходячи через калорифер, поступає в сушильну камеру. Мета розрахунку – визначити потужність вентилятора, необхідні розміри та втрати тиску[30].

Визначаємо діаметр повітропроводу:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot V_c}{\pi \cdot v_g}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1.78}{3.14 \cdot 10}} = \sqrt{\frac{7.12}{31.4}} = \sqrt{0.227} = 0.476 \text{ м, де}$$

де v_g - середня швидкість повітря. Приймаємо $v_g = 10 \text{ м/с}$.

Приймаємо $d = 0,4 \text{ м}$.

Втрати тиску в повітропроводах:

$$\Delta p_g = \frac{\rho_{cp} \cdot v_g^2}{2} = \frac{1.03 \cdot 10^2}{2} = 51.5 \text{ Па}$$

Втрати тиску в сушій камері приймаємо $\Delta p_{ck} = 1000 \text{ Па}$. Втрати тиску в калорифері:

$$\Delta p_k = \rho_{cp} \cdot g \cdot h_k = 1.03 \cdot 9.81 \cdot 0.13 = 1.3 \text{ Па}$$

Повні витрати в сушильній установці:

$$\Delta p = \Delta p_g + \Delta p_{ck} + \Delta p_k = 51.5 + 1.3 + 1 = 53.8 \text{ Па}$$

Потужність вентилятора:

$$N_t = \Delta p \cdot V_c = 53.8 \cdot 1.99 = 107.1 \text{ кВт}$$

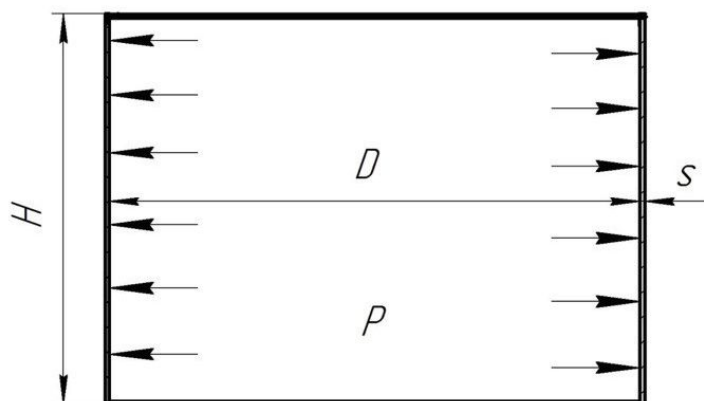
					Арк.
					41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	

БІ-61.06.709711.000-10ПЗ

					БІ-61.06.709711.000-10ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

5.2.4 Розрахунок циліндричної обічайки

Схема до розрахунку циліндричної обічайки сушарки, навантаженої внутрішнім надлишковим тиском наведена на рисунку



5.2.4.

Рисунок 5.2.4.1 Схема до розрахунку циліндричної обічайки сушарки, навантаженої внутрішнім надлишковим тиском.

1. $P = 0.3 \text{ МПа}$
2. Матеріал : сталь 12X18H10T
3. Допустимі напруження сталі 12X18H10T при $t^{\circ} = 140^{\circ} \text{C}$, дорівнює $[\sigma_{140}] = 165 \text{ МПа}$.

4. Визначаємо розрахункову товщину стінки:

$$S_R = \frac{P_R \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - P_R} = \frac{0.3 \cdot 4.2}{2 \cdot 165 \cdot 1 - 0.3} = 0.00038 \text{ м}$$

5. Виконавча товщина стінки: $S = S_R + C = 6 \text{ мм}$

$C_1 = 0.5 \text{ мм}$ – прибавка на корозію та ерозію матеріалу.

$C_2 = 0.5 \text{ мм}$ – прибавка, що враховує допуск при виготовленні листового прокату.

$C_3 = 0.2 \text{ мм}$ – прибавка на стоншення внаслідок технологічних операцій.

$C_4 = 1 \text{ мм}$ – прибавка, яка враховує округлення до більшого стандартного числа в ряді величин.

6. Визначаємо допустимий тиск:

					БІ-61.06.709711.000-10ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		43

$$[P] = \frac{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] \cdot (S - C)}{D + (S - C)} = \frac{2 \cdot 1 \cdot 165 \cdot (0.006 - 0.00022)}{4.2 + (0.06 - 0.0022)} = 4.5 \text{ МПа}$$

$$P = 0.03 < [P] = 4.5$$

7. Перевірка на умову тонкостінності:

$$a) \frac{(S-C)}{D} = 0.0137 < 0.1$$

$$b) P_R = 0.03 < 10$$

$$c) \frac{\varphi \cdot [\sigma]}{P_R} = 5500 > 5.5$$

8. Визначаємо головні напруження в циліндричній обичайці:

$$\sigma_\tau = \frac{P_R \cdot R}{S} = 155 \text{ МПа} < [\sigma] = 165 \text{ МПа}$$

$$\sigma_N = \frac{P_R \cdot R}{2 \cdot S} = 77.5 \text{ МПа} < [\sigma] = 165 \text{ МПа}$$

$$\sigma_r = -P_R = -0.03 \text{ МПа} < [\sigma] = 165 \text{ МПа}$$

5.2.5 Розрахунок плоскої кришки

$$1. P_R = 0.03 \text{ МПа}$$

2. Обираємо матеріал 12X18H10T, допустиме напруження якого при $t^\circ = 140^\circ \text{C}$, дорівнює $[\sigma_{140}] = 165 \text{ МПа}$.

4. Визначаємо розрахункову товщину стінки:

$$S_{1R} = K \cdot K_0 \cdot D \sqrt{\frac{P}{\varphi \cdot [\sigma]}} = 0.53 \cdot 1 \cdot 4.2 \cdot \sqrt{\frac{0.03}{1 \cdot 165}} = 0.0003 \text{ м}$$

$$5. \text{ Виконавча товщина стінки: } S_{CK} = S_{1R} + C = 4 \text{ мм}$$

$C_1 = 0.2 \text{ мм}$ – прибавка на корозію та ерозію матеріалу.

$C_2 = 0.5 \text{ мм}$ – прибавка, що враховує допуск при виготовленні.

$C_3 = 0.2 \text{ мм}$ – прибавка на стоншення внаслідок технологічних операцій.

$C_4 = 0.1 \text{ мм}$ – прибавка, яка враховує округлення до більшого стандартного числа в ряді величин.

6. Визначаємо допустимий тиск:

					БІ-61.06.709711.000-10ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		44

$$[P] = \left(\frac{S_1 - C}{K * K_0 * D} \right)^2 * [\sigma] = \left(\frac{0.04 - 0.01}{1 * 0.53 * 4.2} \right)^2 * 165 = 13,3 \text{ МПа}$$

$$P = 0,03 < [P] = 13,3$$

7. Визначаємо головні напруження в кришці:

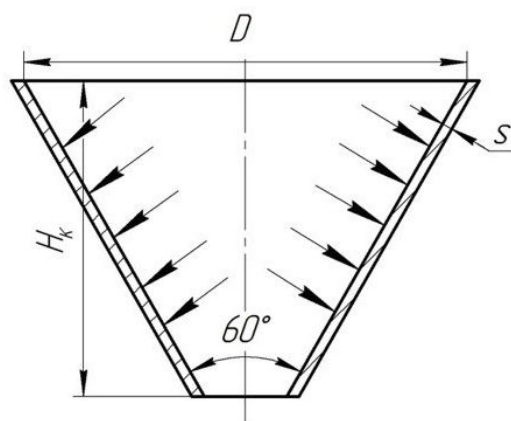
$$\sigma_{\tau} = \frac{P_R \cdot R}{2 \cdot S_{СК}} = 4.65 \text{ МПа} < [\sigma] = 165 \text{ МПа};$$

$$\sigma_N = \sigma_{\tau} = 4.65 \text{ МПа} < [\sigma] = 165 \text{ МПа};$$

$$\sigma_r = -P_R = -0.03 \text{ МПа} < [\sigma] = 165 \text{ МПа};$$

5.2.6 Розрахунок конічного днища

Схема для розрахунку конічного днища сушарки, навантаженого



внутрішнім надлишковим тиском наведена на рисунку 5.2.6.1

Рисунок 5.2.6.1 Схема конічного днища сушарки навантаженого внутрішнім надлишковим тиском.

1. $P_R = 0,03 \text{ МПа}$
2. Допустимі напруження сталі 12X18H10T при $t^{\circ} = 140^{\circ} \text{C}$, дорівнює $[\sigma_{20}] = 165 \text{ МПа}$.

4. Висота конічного днища буде складати: $H_{\text{кон}} = 2.4 \text{ м}$

5. Визначаємо розрахункову товщину стінки:

$$S_{\text{РКД}} = \frac{P_R \cdot D_k}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - P_R} \cdot \frac{1}{\cos(45^{\circ})} = \frac{0.03 \cdot 4.2}{2 \cdot 165 \cdot 1 - 0.03} \cdot \frac{1}{0.7} = 0.0066 \text{ м}$$

6. Виконавча товщина стінки: $S_{\text{КД}} = S_{\text{РКД}} + C = 8 \text{ мм}$

$C_1 = 0,5 \text{ мм}$ – прибавка на корозію та ерозію матеріалу.

		$C_2 = 0,4 \text{ мм}$ – прибавка, що враховує допуск при виготовленні.			Арк.
		БІ-61.06.709711.000-10ПЗ			45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	

$C_3 = 0,2$ мм – прибавка на стоншення внаслідок технологічних операцій.

$C_4 = 0.3$ мм – прибавка, яка враховує округлення до більшого стандартного числа в ряді величин. [31,32,0,34]

$$C = 1.4 \text{ мм}$$

7. Визначаємо допустимий тиск:

$$[P] = \frac{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] \cdot (S_{\text{кд}} - C)}{D_{\text{к}} + (S_{\text{кд}} - C)} = \frac{2 \cdot 1 \cdot 165 \cdot (0.08 - 0.014)}{2 + (0.08 - 0.014)} = 10.5 \text{ МПа}$$

$$P = 0.03 < [P] = 10.5 \text{ МПа}$$

8. Визначаємо головні напруження в кришці:

$$\sigma_{\tau} = \frac{P_R \cdot R}{S_{\text{кд}} \cdot \cos(45^\circ)} = 133 \text{ МПа} < [\sigma] = 165 \text{ МПа}$$

$$\sigma_N = \frac{\sigma_{\tau}}{2} = 66.5 \text{ МПа} < [\sigma] = 165 \text{ МПа}$$

$$\sigma_r = -P_R = -0.03 \text{ МПа} < [\sigma] = 165 \text{ МПа}$$

5.2.7 Перевірка несучої спроможності апарату на дію опорних навантажень

Так як рівномірний розподіл усіх навантажень поміж опор забезпечується, то формула для визначення зусилля, що діє на одну опорну лапу матиме вигляд [32,0]:

$$F = \frac{G}{3} = \frac{3675}{3} = 1225 \text{ Н},$$

де $G=3675$ Н – вага апарату.

Допустиме значення зусилля, що діє на одну опору:

$$[F] = \frac{[\sigma_i] \cdot h_1 \cdot (S - c)^2}{K_T \cdot e_1} = \frac{1485 \cdot 10^6 \cdot 0.45 \cdot (0.06 - 0.0022)^2}{0.45 \cdot 0.2} = 1349.5 \text{ кН},$$

де h_1 – висота опори, $K_T = 0,45$, $e_1 = 0,2$.

$$[\sigma_i] = K_1 \cdot [\sigma] \cdot \frac{n_T}{K_2} = 7,2 \cdot 165 \cdot \frac{1,5}{1,2} = 1485 \text{ МПа};$$

					БІ-61.06.709711.000-10ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		46

де $K_2 = 1,2$ для робочих умов [0];

$$K_1 = \left(\frac{1 - 3 \cdot v_1 \cdot v_2}{3 \cdot v_1^2} \right) \cdot \left(\sqrt{\frac{9 \cdot v_1^2 \cdot (1 - v_2^2)}{(1 + 3 \cdot v_1 \cdot v_2)^2} + 1} - 1 \right) =$$

$$= \left(\frac{1 - 3 \cdot 0,3 \cdot 0,02}{3 \cdot 0,3^2} \right) \cdot \left(\sqrt{\frac{9 - 0,3^2 \cdot (1 - 0,02^2)}{(1 + 3 \cdot 0,3 \cdot 0,02)^2} + 1} - 1 \right) =$$

$$= 7,2;$$

де $v_1 = 0,3$ коефіцієнт, що являє собою відношення місцевих мембранних напружень до місцевих напружень вигину; v_2 – коефіцієнт, що враховує ступінь навантаження загальними мембранними напруженнями:

$$v_2 = \frac{K_T \cdot \sigma_m}{n_T \cdot [\sigma] \cdot \phi} = \frac{0,45 \cdot 10}{1,5 \cdot 153 \cdot 1} = 0,02;$$

де σ_m – загальне мембранне напруження;

$[\sigma] = 165$ МПа – допустиме напруження для сталі 12Х18Н10Т;

$$\sigma_m = \frac{P \cdot D}{2 \cdot (S - c)} = \frac{0,2 \cdot 1,4}{2 \cdot (0,016 - 0,002)} = 10 \text{ МПа.}$$

Умова несучої спроможності:

$$F < [F]; \quad 1225 \text{ Н} < 1349500 \text{ Н.}$$

Умова несучої спроможності виконується.

					БІ-61.06.709711.000-10ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		47

6 РЕКОМЕНДАЦІЇ ПО МОНТАЖУ ТА УМОВИ БЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

В рамках монтажних робіт можна виокремити установки самого обладнання, допоміжного обладнання, підключення трубопроводів, деталей вузлів подачі речовин, деталей вузлів відведення речовин, налаштування пристроїв термічного контролю та автоматичного регулювання. Окрім того, при проведенні монтажу усувають дефекти самої конструкції. При цьому пристрій налаштовують для роботи [35].

Сушильне обладнання як і будь яке обладнання призначене для біотехнологічного, хімічного, харчового, фармацевтичного виробництва належить до категорії перевезення групи В та здійснюється вантажним автомобілем у вигляді окремих блоків. Транспортування та розвантаження необхідно здійснювати з дотримання всіх правил та норм так, аби не пошкодити обладнання.

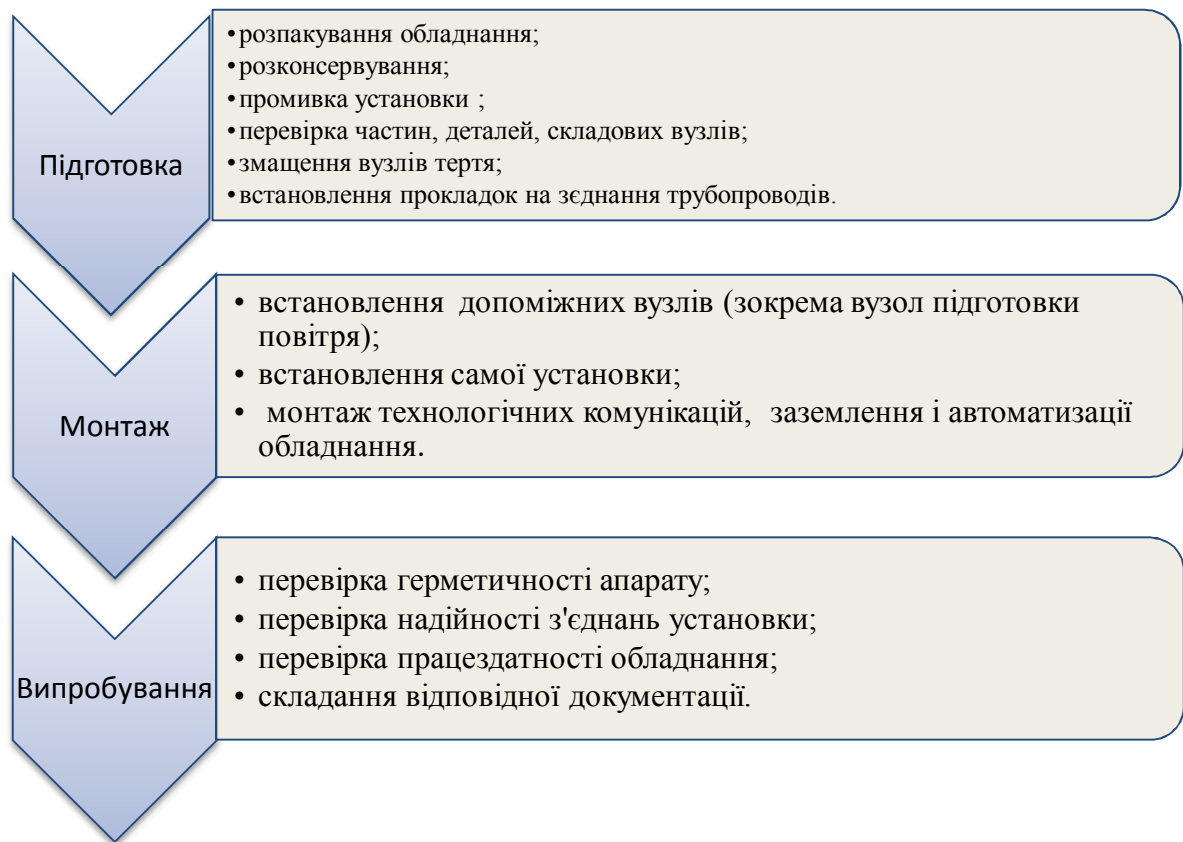
При установці сушильного обладнання, необхідно дотримуватись ще й правил, наведених у розділах СНиП: про встановлення технологічного обладнання; безпеку бетонних і залізобетонних конструкціях; безпеки металевих конструкціях; дотримання правил при будівництві; щодо електричних приладів, а до того ж інструкцій Міністерства монтажу СРСР щодо встановлення технологічного обладнання на фундаменти, погоджених з Державним будівельним комітетом СРСР, та інструкцій виробників щодо експлуатації та встановлення механізмів та компонентів обладнання розпилювальних сушарок . Основні етапи установки обладнання зображені на рисунку 6.1

Під час експлуатації сушильних установок робітники повинні знати та дотримуватися правил загальної та пожежної безпеки машин та механізмів, котрі доповнюють сушарку. До обов'язків працівників входить

					БІ-61.06.709711.000-10ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		48

нагляд за роботою та експлуатацією сушильного обладнання. Для довготривалої та надійної експлуатації рідина, що подається на розпилення не повинна містити твердих та великих часток, сторонніх домішок, тощо.

У процесі сушіння виділяється пил, який осідає на нерівностях стінок сушильної камери, а також в горизонтальних секціях розподільчих камерах, тощо. При тривалій високій температурі даний пил може затлітися



[35,36].

Рис. 6.1 Основні етапи установки обладнання

Під час роботи нагрівачів сушарки необхідно забезпечувати автоматичне регулювання тиску пари.

Область обслуговування установки мусить бути огорожена надійними перилами висотою від 1 м із суцільною обшивкою до 0,2 м від підлоги.

Для проведення заданого процесу в сушильній установці

								Арк.
								49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	БІ-61.06.709711.000-10ПЗ			

					БІ-61.06.709711.000-10ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		50

встановлено ряд контрольно-вимірювальних, а тако ж запобіжних пристроїв. Автоматика контролю використовується для запуску, зупинки та управління роботою. Всередині камери установки контролюється надходження абсолютно сухого повітря. [36].

З міркувань безпеки та екологічних умов висушений матеріал не контактує з навколишнім середовищем. Крім того, сушарка з розпилювачем обладнана на внутрішній поверхні корпусу вкрита захисною оболонкою, що володіє термостійкістю, хімічною стійкістю та безпекою при контакті з багатьма речовинами, включаючи їжу.

Виходячи з сушильної камери, відпрацьоване повітря через недостатню власну чистоту поступає в трубопровід, який прямує до циклонів, і лише потім викидається в атмосферу. З міркувань безпеки сушильна башта також обладнана теплоізоляцією [35,36].

					БІ-61.06.709711.000-10ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		51

7 РІВЕНЬ СТАНДАРТИЗАЦІЇ ТА УНІФІКАЦІЇ

Для пришвидшення конструкторської підготовки на виробництвах існує певна послідовність проектування установок обладнання, що проводиться на основі стандартизації та уніфікації деталей та вузлів виробу.

Рівень стандартизації та уніфікації слугує якісною оцінкою понять стандартизації та уніфікації і визначає відношення числа стандартних деталей і складальних одиниць до загального числа деталей та одиниць у наявному виробі. Чим вищий рівень стандартизації та уніфікації тим кращий рівень продукції, розвиток автоматизації виробництва, простіше, дешевше і швидше здійснення проведення ремонтних робіт, за рахунок взаємозамінності і доступності деталей та вузлів.

Конструкція формуючої головки та сушарки відповідають вимогам: ОСТ 26-01-147-82. Розміри корпусів формуючої головки та сушарки виконуються за галузевими стандартами заводів-виробників.

В поданому апараті уніфіковані вузли та деталі представлені в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 Уніфіковані вузли та деталі

Назва вузла чи деталі	Відповідна документація
Болти	ГОСТ 15589-70
Вентилятор	ГОСТ 31961-2012
Гайки	ГОСТ 15525-70
Калорифер	ГОСТ 7201-80
Прокладки	ГОСТ 28759.6-90
Розпилюючий диск	
Скоба	ГОСТ 18360-93
Фланці	ГОСТ 12820-80
Шайба	ГОСТ 11371-78
Шпилька	ГОСТ 22036-76

Коефіцієнт стандартизації $K_c = \frac{n_c}{N} = -$;

Коефіцієнт уніфікації $K_y = \frac{n_c + n_z}{N} = -$,

де N , n_c , n_z – загальна, стандартна та запозичена кількість деталей відповідно [37, 38, 39].

					БІ-61.06.709711.000-10ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		52

8 ОХОРОНА ПРАЦІ

Загальні вимоги:

1.1. Оператором розпилювальної сушарки має бути особа від 18 років, котра пройшла всі необхідні інструктажі (первинний та вторинний) та навчана правилам безпечної роботи.

1.2. Правила внутрішньої розпорядку підприємства, вимоги стосовно безпеки викладені в інструкції мають виконуватися працівниками .

1.3. За не дотримання вимог інструкції робітник несе відповідальність відповідно з чинним на даний момент в країні законодавством .

Вимоги безпеки перед початком роботи.

До початку роботи з розпилювальною сушаркою працівник повинен:

2.1. Одягнути виданий спецодяг.

2.2. Прослухати інструктаж від керівника відповідно до специфіки заданої ним роботи.

2.3. Перед початком виконання поставленого завдання працівнику необхідно:

- підготувати всі затребувані засоби особистого захисту;
- перевірити відведене йому робоче місце і територію навколо нього на відповідність всім зазначеним в інструкції вимогам безпеки;
- перевірити роботоздатність та правильність роботи всіх огорожень, блокування, а також супроводжуючих звукових сигналів;
- перевірити на справність подані вимикачі;
- засвідчитися, що освітлення відповідає нормам стандарту робочого місця.

					БІ-61.06.709711.000-10ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		53

3. Вимоги безпеки під час роботи.

3.1. Під час виконання свого завдання оператор розпилювальної сушарки мусить:

- виконувати роботу згідно з нормами технологічної інструкції;
- користуватися лише інструментами та інвентарем в робочому стані;
- використовувати захисту уніформу;
- не дозволяти перебування осіб, які не мають відношення до проведення процесу;
- контролювати справність пристроїв безпеки;
- тримати дверцята силової шафи управління закритими;
- перед проведенням чищення та ремонтом, огляду деталей виключати обладнання;
- прибирати у зарі витіку небезпечні речовини зі своєї ділянки;
- дотримуватися правил електробезпеки;
- тримати своє робоче місце під наглядом;
- контролювати наявність огорожуючих, захисних решіток на частинах обладнання, які не є статичними;
- до кінця роботи атомизатора не приближатися до установки.

Обладнання протягом тривалого часу після припинення роботи, ще може лишатися гарячим.

- при зупинці обладнання на довготривалий період перекрити наявні трубопроводи;
- перед початком роботи обладнання оглянути надійність кріплення деталей.

3.3. При роботі конвеєра працівнику необхідно:

- попередити звуковим сигналом про початок запуску обладнання;
- контролювати рівень насипу порошку в сушарці та бункерах;

					БІ-61.06.709711.000-10ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		54

3.4. Під час роботи заборонено:

- ремонтувати, підкручувати та затягувати деталі обладнання;

4. Непередбачувані обставини.

4.1. У випадках:

- збою електрики;
- поломки обладнання;
- виявлення посторонніх запахів;

Працівник сушильної установки повинен:

- зупинити обладнання;
- повідомити чергового слюсаря;
- сповістити наявного майстру;
- залишити на пульті запуску попереджувальну записку;

4.2. При особистому травмуванні працівник повідомляє відповідальному майстру та прямує до медпункту. При травмуванні іншого працівника, надається перша невідкладна медична допомога та повідомляється майстру, а працівник відправляється до медпункту. Якщо це є можливим, то до прибуття відповідних, уповноважених працівників місце травмування лишається не доторканим.

4.3. При виявленні ознак пожежі:

- першочергово викликати пожежну бригаду вказавши місце займання;
- сповістити майстра зміни;
- при можливості провести заходи щодо гасіння пожежі, збереження цінностей та провести евакуацію.

5. Вимоги безпеки після закінчення робіт

5.1. Перед закінченням зміни роботи підприємства, працівник :

- здійснює зупинку та відключення обладнання;
- наводить лад на робочому місці;

					БІ-61.06.709711.000-10ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		55

- прибирає, робочі інструменти та захисний одяг до відведеного місця зберігання.

Керівник та/чи майстер зміни повинен бути повідомлений про порушення дотримань техніки безпеки [40, 41].

					БІ-61.06.709711.000-10ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		56

ВИСНОВКИ

У ході виконання поданого дипломного проекту було описано технологічний процес отримання сухого порошкоподібного пектину з яблучної сировини. Спроековано апаратурну схему лінії виробництва пектину, описано основні стадії процесу.

На основі дослідження літературних джерел виявили, що виробництво пектину в наш час є актуальним, а процес сушіння є одним з найбільш використовуваних у виробництві. Одні з найефективніших сушарок є розпилювальні сушарки. Розпилювальні сушарки застосовують для отримання сухих порошкоподібних або гранульованих матеріалів з рідких розчинів або суспензій. Вона має низьку температуру матеріалу при сушінні, а температура матеріалу на протязі періода сушки не перевищує температури випарюваної вологи та залишається нижче температури сушильного агенту. Крім того вона задовільняє головні вимоги до сушильних установок – забезпечення рівномірного сушіння та отримання високоякісної продукції у всьому об'ємі сушильної камери при високих техніко–економічних показниках: мінімальних витратах теплоти та електроенергії на висушування одного кілограма сировини. Був також проведений патентний пошук.

Спроектувано обрану конструкцію розпилювальної сушарки, діаметром 4.2 м.

Провели необхідні розрахунки, які підтверджують працездатність даного апарату, а саме тепловий розрахунок, розрахунок на міцність та основних конструктивних елементів. Усі умови міцності виконуються.

Були також наведені необхідні рекомендації по монтажу та експлуатації обладнання, а також інформацію стосовно техніки безпеки та охорони праці.

					БІ-61.06.709711.000-10ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		57

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пилат Т.Л. Биологически активные добавки к пище (теория, производство, применение).: научное пособие / Т.Л. Пилат, А.А. Иванов – М.: Авваллон, 2002. – 710 с.
2. Google.com [Електронний ресурс] : [Інтернет-портал]. – Електронні дані. – [Пектины: обзор рынка 2020 г.]. – Режим доступа: <https://marketpublishers.ru/r/PF889ABBAF4RU.html> (дата звернення 27.05.2020).
3. Варфоломеева О. А. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПИЩЕВОГО ПЕКТИНА НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАРБОГИДРАЗ И ЛИАЗ МИКРООРГАНИЗМОВ: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.18.07 "Биотехнология пищевых продуктов (перерабатывающие отрасли АПК)" / О. А. Варфоломеева. – Москва, 2005. – 20с.
4. Ткаченко С. Й., Співак О. Ю. Сушильні процеси та установки: навчальний посібник / С. Й. Ткаченко, О. Ю. Співак – Вінниця: ВНТУ, 2007. - 76 с.
5. Чагин, О. В. Оборудование для сушки пищевых продуктов [Текст] / О. В. Чагин, Н. Р. Кокина, В. В. Пастин. — Иваново: Иван. хим.-технол. ун-т, 2007. — 138 с.
6. Калина В. С.,Зкуянов Ю. Ю., Корсун О. Ю., Грабовська Є. С. ОГЛЯД МЕТОДІВ СУШКИ ПЛОДООВОЧЕВОЇ СИРОВИНИ / / Праці ТДАТУ. - 2019. - Випуск VI. – 68с.
7. ДИСК РОЗПИЛЮВАЛЬНИЙ // Патент України № 2015 10046. 25.03.2016, Бюл.№ 6 /Ревтов Олексій Олександрович, Сушко Антон Олегович, Костик Сергій Ігорович, Шибевський Владислав Юрійович.
8. Штангеев К.О. СУШКА. СУШК ЦУКРУ ТА ЖОМУ В Б УРЯКОЦУКРОВІЙ ГАЛУЗІ [Электронный ресурс] // Публікацію

					БІ-61.06.709711.000-10ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		58

					БІ-61.06.709711.000-10ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

functional foods. – 2010. – № 2. – P. 210-218. Parker, S.G., Redgate, E.L., Wibisono, R., Luo, X., Koh, E.T.H. and Schroder, R. (2010) “Gut health of kiwifruit pectins: Comparison with commercial functional polysaccharides”, *Journal of functional foods*, No. 2, pp. 210-218.

14. Салэба Л.В. ПЕКТИН: СТРУКТУРА, ВЛАСТИВОСТІ, БІОЛОГІЧНІ ФУНКЦІЇ // ВІСНИК ХНТУ № 2(65), 2018 р.– 216с.

15. Філінська Т.Г., Черваков О.В., Філінська А.О. // Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни «Технології полісахаридів та їх застосування в харчовій промисловості» – Дніпропетровськ: ДВНЗ УДХТУ, 2016. – 68 с.

16. ВПЛИВ ФЕРМЕНТАЦІЇ ЯБЛУНЕВОЇ МЕЗГИ НА ВМІСТ ПРОПЕКТИНУ У ВИЧАВКАХ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ЯБЛУНЕВОГО СОКУ Кисельов Д.О. – к.с.-г.н. Демчишак Н.Р. - група компанії “TB Fruit” Таврійський науковий вісник № 97.

17. Бутова, С.Н. Инновационная технология производства пектина в России / С.Н. Бутова, Д.В. Гаврилова, Ю.В. Махова // Вестник российской академии естественных наук. – 2012. – №3. – С.43-46.

18. Маркина, О.А. Получение пектина из тыквы с помощью ферментов микробного происхождения: автореф. дис...канд. биол. наук: 03.00.23 / О.А. Маркина. – Саратов, 2005. – 22 с.

19. Осадько, М. И. Разработка технологии комплексной переработки бобовых культур на основе использования микробных ферментных 65 препаратов: автореф. дис...канд. техн. наук: 05.18.07 / М.И.Осадько. – Москва, 2007 – 27 с.

20. Созаева Д. Р. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПЕКТИНА ИЗ СТЕВОК ЗЕЛЕНОГО ГОРОШКА И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ПРОИЗВОДСТВЕ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ : Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Созаева Джамиля Расуловна. – Краснодар, 2019. – 202 с.

					БІ-61.06.709711.000-10ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		61

21. *Справочник по элементарной химии/ Под ред. А. Т. Пилипенко – К.: Наукова думка, 1986 - 491с.*
22. *Тепло–масообменные аппараты и установки //Под ред. Б. А. Левченко. – Харьков: ХГПУ, 1999. – 387 с.*
23. *П. Д. Лебедев Теплообменные, сушильные и холодильные установки. – М.: Энергия, 1972.– 320с.*
24. *Плановский А. Н., Рамм В. М., Каган С. З. Процессы и аппараты химической технологии.– М.: Химия, 1968.– 847с.*
25. *Чернобыльский И. И., Тананайко Ю. М. Сушильные установки химической промышленности.– К.: Техніка, 1969.–279с.*
26. *Кіндзера Д. П., Ханик Я. М., Атаманюк В. М. Гідродинамічні особливості при сушінні дисперсних матеріалів у щільному шарі //Науковий вісник УкрДЛІТУ: Збірник наук.-техн. праць.- Львів: 2003.- Вип.13.1.- С.126-133.*
27. *Проектирование процессов и аппаратов пищевых производств./ Под ред. В.Н. Стабникова. - Киев: Вища школа. Головное изд-во, 2010. - 199с.*
28. *Гинзбург А.С. Расчет и проектирование сушильных установок пищевой промышленности - М.: Агропромиздат, 1985. - 503с.)*
29. *Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию. Под ред. Ю.И. Дытнерского. - М.: Химия, 1983. - 272с.*
30. *Процеси і апарати харчових виробництв: Підручник / За ред.. проф. І. Ф. Малержика. - К.: НУХТ, 2009. - 400с.: іл.)*
31. *ГОСТ Р 52857.1-2007. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования*
32. *ГОСТ 14249-89 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность*

					БІ-61.06.709711.000-10ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		62

33. А. С. Гинзбург. Расчет и проектирование сушильных установок пищевой промышленности. – М.: Агропромиздат, 1985. – 336с.
34. Лыков М. В., Леончик Б.Н. Распильные сушилки. Основы теории и расчета. М.: Машиностроение, 1966, 331с.
35. Илюхин В. В., Тамбовцев И. М., Бурлев М. Я. Монтаж, наладка, диагностика, ремонт и сервис оборудования предприятий молочной промышленности: Учеб. —СПб. : ГИОРД, 2008. — 499с.
36. Ермаков В. И., Шеин В. С. Ремонт и монтаж химического оборудования: Учебное пособие для вузов. – Л.: Химия, 1981. – 210с.
37. Декрет Кабінету Міністрів України «Про стандартизацію і сертифікацію» від 10.05.1993 №46-93// Урядовий кур'єр. – 1993. – 22 травня.
38. Державна система стандартизації України. – К.: Держстандарт України, 1993.
39. Жданов А.А. Изобретательство — стандартизация — патентирование. — М.: Изд. Стандартов, 1982.
40. Закон України —Про охорону праці / від 14.10.1992 року № 49.
41. Охорона праці та промислова безпека. Монографія /К. Н. Ткачук, Л. Д. Третьякова, Д. В. Зеркалов, О. І. Полукаров, С. Ф. Каиштанов, / – К.: «Основа». 2014. – 823 с.

					БІ-61.06.709711.000-10ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		63

Додатки

Додаток А. Патентний пошук

Таблиця 1.1 Регламент пошуку (форма Б.1 згідно з ДСТУ 3575-97)

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Мета пошуку інформації	Держава пошуку	Класифікаційні індекси: МПК, НПК, МКПЗ, МКТП, УДК	Ретроспективність пошуку	Джерела інформації
1	2	3	4	5	6
Сушарка розпилююча	Визначення патентоздатності даного апарату. Визначення тенденцій розвитку цього напрямку в техніці.	191 країна	МПК В01D, F26 В, D01J, А61 К, А23L. В05В, С04В, В08В, С01В, D06F, УДК	2000-2020	Зарубіжні й національні офіційні бюлетні, описи винаходів і корисних моделей, та баз даних патентних установ ЕС та США

Таблиця 1.2 - Патентна документація, відібрана для подальшого аналізу

ОГД, його складові частини	Бібліографічні дані	Відомості, щодо їхньої дії
(EN) SPRAY DRYER (JA) 噴霧乾燥装置	Патент JP2000334332, 27.05.1999, B05B 1/00 F26B 21/00 – SPRAY DRYER / TAKEDA MITSUHIRO (武田 光弘) Заявник: KYOCERA CORP (京セラ株式会社); номер заявки: 1999148682	Діє
(EN) ELECTROSTATIC SPRAY DRYER SYSTEM (FR) SYSTÈME DE SÉCHOIR À PULVÉRISATION ÉLECTROSTATIQUE	Патент WO2020092721, 07.05.2020 B01D11/02 - МПК: F26B 3/12 2006.01 B01J 2/02 2006.01 B05B 5/03 2006.01 B05B 7/06 2006.01 F26B 21/00 2006.01; CPC:B01J 2/02 B05B 5/03 B05B 7/066 F26B 21/004 F26B 3/12 - SZCZAP, Joseph / (EN) ELECTROSTATIC SPRAY DRYER SYSTEM (FR) SYSTÈME DE SÉCHOIR À PULVÉRISATION ÉLECTROSTATIQUE; Заявник: НУХТ Номер заяви: UAU201608237U 20160762	Діє
(RU) РАСПЫЛИТЕЛЬНАЯ СУШИЛКА	Патент RU0002669893, 16.10.2018 / МПК: F26B 17/10 F26B 3/088 F26B 3/12 B05B 1/34 Дерюгин Никита Валерьевич (RU) Deryugin Nikita Valerevich (RU) Номер заяви: 2018102334	Діє

Таблиця 1.2 Продовження

(RU) РАСПЫЛИТЕ ЛЬНАЯ СУШИЛКА	Патент RU0000196162 18.02.2020 МПК: F26B 17/10 F26B 3/12; CPC: F26B 3/12 F26B 17/10 Монашенко Антон Дмитриевич (RU) Хлыновский Алексей Михайлович (RU) Гольденфанг Борис Геннадьевич (RU) Алексеев Геннадий Валентинович (RU) Молдованов Дмитрий Николаевич (RU) Номер заявки: 2019114760	Діє
(RU) Распылительн ая сушилка для жидких материалов	Патент RU0000196301. 25.02.2020/ МПК: F26B 17/10 F26B 3/12; CPC:F26B 3/12 F26B 17/10 Голованчиков Александр Борисович (RU), Прохоренко Наталья Андреевна (RU), Залипаева Ольга Александровна (RU), Лепехина Дарья Андреевна (RU), Пересыпкин Вадим Сергеевич (RU) Номер заявки: 2019142638	Діє
(RU) РАСПЫЛИТЕ ЛЬНАЯ СУШИЛКА	Патент RU0000196162 18.02.2020 МПК: F26B 17/10 F26B 3/12; CPC: F26B 3/12 F26B 17/10 Монашенко Антон Дмитриевич (RU) Хлыновский Алексей Михайлович (RU) Гольденфанг Борис Геннадьевич (RU) Алексеев Геннадий Валентинович (RU) Молдованов Дмитрий Николаевич (RU) Номер заявки: 2019114760	Діє

(RU) РАСПЫЛИТЕ ЛЬНАЯ СУШИЛКА	Патент RU0002435118 27.11.2011 МПК: F26B Зайцев Анатолий Иванович (RU) Лебедев Антон Евгеньевич (RU) Капранова Анна Борисовна (RU) Шеронина Ирина Станиславовна (RU) Никитина Юлия Владимировна (RU) Номер заявки: 2010127051/06	Діє
(EN) SPRAY NOZZLE FOR SPRAYING AN ARTICLE TO BE DRIED, SPRAY DRYER, AND METHOD FOR MONITORIN G AND/OR CONTROLLI NG AND/OR REGULATIN G A TEMPERATU RE DURING THE SPRAYING PROCESS	Патент US20200018548, 29.01.2018 / МПК: F26B 3/12 B05B 7/14 B05B 12/00 F26B 21/10 F26B 23/04 F26B 21/00; CPC:B05B 7/14 F26B 3/12 B05B 12/004 A23C 9/18 F26B 21/10 F26B 23/04 - SPRAY NOZZLE FOR SPRAYING AN ARTICLE TO BE DRIED, SPRAY DRYER, AND METHOD FOR MONITORING AND/OR CONTROLLING AND/OR REGULATING A TEMPERATURE DURING THE SPRAYING PROCESS Matthias Lübbers Заявник: Lübb Anlagen - Und Umwelttechnik GmbH Номер заявки: 16485036	Діє